

LCA av snöstör

- Jämförelseanalys av snöstör av salix respektive plast

Life cycle assessment of snow pole

- Comparative assessment of snow pole made of willow and plastic

Frida Jivemark

Kandidat
Biologi och miljövetenskapsprogrammet

SLU, Sveriges Lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för energi och teknik

Titel på svenska: LCA av snöstör – Jämförelseanalys av snöstör av salix
respektive plast

Titel på engelska: Life cycle assessment of snow pole – Comparative assessment of snow pole made
of willow and plastic

Författare: Frida Jivemark

Handledare: Torun Hammar, Institutionen för Energi och Teknik, SLU
Examinator: Hanna Karlsson, Institutionen för Energi och Teknik, SLU

Kurs: Självständigt arbete i miljövetenskap
Kurskod: EX0688
Omfattning: 15 hp
Nivå: Grundnivå, G2E
Program: Biologi och miljövetenskapsprogrammet

Serienamn: Examensarbete (Institutionen för energi och teknik, SLU), 2018:04
ISSN: 1654-9392

Uppsala 2018

Nyckelord: LCA, snöstör, salix, plast, polypropen

Online publication: <http://stud.epsilon.slu.se>

Errata för/for
LCA av snöstör
Jämförelseanalys av snöstör av
salixrespektive plast
av/by Frida Jivemark

Uppsala, 2018

Sidan/Page 2 Det står/Existing text: Examinator: Hanna Karlsson,
Institutionen för Energi och Teknik, SLU
Ska stå/Should be: Examinator: Per-Anders Hansson,
Institutionen för Energi och Teknik, SLU

Sammanfattning

Snöstör är ett viktigt hjälpmedel för att öka trafiksäkerheten under vintern i Sverige genom att underlätta vid snöröjning samt markera vägbredden för trafikanter. Traditionellt är plast det material som används vid produktion av snöstöror men under de senaste åren har alternativa material som bambu och salix kommit ut på marknaden, vilket väcker frågan om vilket alternativ som är mest miljömässigt hållbart.

Denna studie är en jämförande livscykelanalys mellan snöstör av salix och snöstör av plast med följande miljöpåverkanskategorier: klimatpåverkan, primärenergianvändning samt vattenförbrukning. Den funktionella enheten är per snöstör och år, och livscykelperspektivet vagga till graven har tillämpats för både snöstören av salix och snöstören av plast. Denna studie är gjord i samarbete med Gärsta Gård som bedrivit salixodling sedan 1988 och haft försäljning av snöstöror sedan 1997.

Resultatet i denna studie visar att snöstör tillverkad av salix är miljömässigt det bästa alternativet. Snöstör tillverkad av plast har totalt högre klimatpåverkan och primärenergianvändning än snöstören av salix men inom processen produktion av snöstör hade dock salixstören en högre klimatpåverkan än plaststören. Det kan finnas flera anledningar till detta, bland annat tillhör plaststören en storskalig produktion där fabriken tillverkar flertalet plastprodukter och där samtliga processer är mer effektiviserade än hos en småskalig produktion där salixstören kommer ifrån. Det fanns även en risk att data om plaststören var ofullständig eftersom informationen som ombads inte var till för allmänheten och därmed bristande. Den process som överlägset stod för största miljöpåverkan var produktion av plastgranulat, vilket inte var förvånande eftersom råoljeutvinning samt plastproduktion är en komplicerad process som ofta innefattar långa transporter. Salixodlingar har, tillsammans med andra miljönyttor, förmågan att bli en kolsänka och i resultatet i denna studie visar det sig att salixodlingen kan ha ett nettoupptag på 0,078 kg CO₂-ekv. snöstör⁻¹ år⁻¹, vilket är miljömässigt fördelaktigt med tanke på världens problem med växthusgasutsläpp samt klimatförändringar. I studien jämfördes även två salixodlingar med två olika gödsel, salixodling gödslad med mineralgödsel tillsammans med rötslam samt salixodling gödslad med ammoniumsulfat tillsammans med rötslam, där resultatet visar att salixodling med ammoniumsulfat samt rötslam har minst miljöpåverkan. Ammoniumsulfat är en restprodukt från stålindustrin och därmed har framställningen allokerats på ståltillverkningen vilket förklarar varför den gödseln har lägre miljöpåverkan.

Viktigt att framhålla är att resultatet från denna studie inte kan appliceras på snöstöror generellt utan endast representerar snöstöror från två producenter, samt att flera aspekter som kan ha påverkan på resultatet uteslöts.

Abstract

Snow poles are important for increasing the road safety during winter in Sweden by facilitation snow removal and show the width of the road to the road-users. Traditionally, plastic is the material used in the production of snow poles, but in recent years alternative materials such as bamboo and willow has been introduced to the market, which raises the question about which material is the most environmentally sustainable.

This study is a comparative life cycle assessment of snow poles made of willow and plastic, with the following impact categories: climate change, primary energy usage and water usage. The functional unit is per snow pole and year, and the perspective cradle to grave has been applied. This study was conducted in collaboration with Gärsta Gård, who has been cultivating willow since 1988 and has been selling snow pole made of willow since 1997.

The result of this study shows that snow pole made of willow is the environmentally best alternative. In almost all the processes the plastic pole has a bigger environmental impact than the willow pole, the exception is the process production of snow poles where the willow pole has a bigger climate change impact than the plastic pole. Reasons for this could be, among other things, that the plastic pole comes from a large-scale production where the factory manufactures many different plastic products and where the processes are more efficient than in a small-scale production where the willow poles comes from. There was also a risk that the data about the plastic pole was incomplete since the information requested was not available to the public and therefore limited. The processes with clearly the biggest environmental impact was the production of plastic granulates, which was not surprising as crude oil extraction and plastic production is a complicated process that often involves long transports. Willow cultivation has, combined with other environmental benefits the ability to become an effective carbon dioxide sink and in the results of this study it shows that willow cultivation has a net uptake of 0,078 kg CO₂-ekv. per snow pole and year, which is environmentally beneficial considering the world's problems with greenhouse gas emissions and climate change. The study also compared two kinds of willow cultivation with two different kinds of fertilizer, willow cultivation fertilized with mineral fertilizer along with sewage sludge and willow cultivation fertilized with ammonium sulphate along with sewage sludge, where the results show that willow cultivation fertilized with ammonium sulphate along with sewage sludge is the most environmentally beneficial. Ammonium sulphate is a residual product from the steel industry and thus its production has been allocated on the manufacturing of steel which explains why that fertilizer have a lower environmental impact

It is important to emphasize that the results from this study cannot be applied to snow poles in general but only represents snow poles from two producers, and that several aspects that may have affected the results were excluded.

Förord

Denna LCA studie är gjord på uppdrag från Gärsta Gård i Örebro där det efterfrågades en livscykelanalys på snöstörrar som produceras på deras gård. Uppsatsen är ett självständigt arbete för kandidatexamen i miljövetenskap.

Maj 2018

Frida Jivemark

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	7
Figurförteckning	8
Förkortningar	9
1 Inledning	11
1.1 Bakgrund	11
1.1.1 Salix	12
1.1.2 Plast	12
1.1.3 Vad är en LCA?	13
1.2 Definition av mål och omfattning	14
1.2.1 Avgränsningar	14
2 Material och metod	15
2.1 Systembeskrivning	15
2.1.1 Snöstör tillverkad av salix	15
2.1.2 Snöstör tillverkad av plast	19
2.2 Beräkningsmetoder samt data	20
3 Resultat	24
3.1 Miljöpåverkan från snöstör av salix	24
3.2 Miljöpåverkan från snöstör av plast	25
3.3 Jämförelse mellan materialen	26
3.4 Känslighetsanalys	28
4 Diskussion	30
4.1 Att jämföra salix och plast	31
4.2 Salixodling på Gärsta Gård	32
4.3 Osäkerheter	33
4.4 Känslighetsanalys	34
4.5 Validering	34
4.6 Avslutande diskussion och slutsats	34
Referenslista	36
Tack	40

Tabellförteckning

Tabell 1. Gödselgiva per ha och gödslingstillfälle vid salixodling ^a .	17
Tabell 2. Dieselförbrukning per ha och skörd vid salixodling ^a .	17
Tabell 3. Energi-, drivmedels-, samt materialförbrukning per snöstör vid produktion ^a .	18
Tabell 4. Drivmedelsförbrukning per snöstör vid distribution och insamling ^a .	18
Tabell 5. Energi- och materialförbrukning per snöstör vid produktion av snöstör ^a .	20
Tabell 6. Primärenergianvändning och växthusgasutsläpp vid framställning av mineralgödsel ^a .	20
Tabell 7. Parametrar för beräkningar av N ₂ O utsläpp genom ekvation (1) och (2).	21
Tabell 8. Utsläpp av CO ₂ -ekv., värmevärde samt primärenergifaktor för respektive drivmedel.	21
Tabell 9. Utsläpp av CO ₂ -ekv. samt primärenergifaktor för biobränsle.	21
Tabell 10. Växthusgasutsläpp samt energiförbrukning från transporten av plastgranulat ^a .	22
Tabell 11. Miljöpåverkan från produktion av plastgranulat.	22
Tabell 12. Vikt och effektivt värmevärde för salixstören samt utsläpp vid förbränning.	22
Tabell 13. Omräkningsfaktorer för GWP ₁₀₀ .	23
Tabell 14. Inbindning av organiskt kol samt klimatpåverkan från snöstör vid salixodling.	25
Tabell 15. Utsläpp av CO ₂ -ekv. samt primärenergifaktor för vattenkraft.	28
Tabell 16. Utsläpp av CO ₂ -ekv. vid salixodling från två olika studier samt från denna studie.	34
Tabell 17. Primärenergifaktor samt utsläpp av växthusgaser för olika biobränslen ^a	41

Figurförteckning

Figur 1. Processen hos en LCA.	14
Figur 2. Flödesschema för snöstör av salix.	16
Figur 3. Flödesschema för snöstör av plast.	19
Figur 4. Klimatpåverkan och primärenergianvändningen från snöstör salix indelat i respektive process.	24
Figur 5. Klimatpåverkan, primärenergianvändningen samt vattenförbrukning från snöstör av plast indelat i respektive process.	25
Figur 6. Klimatpåverkan från samtliga processer indelat i respektive material samt scenario.	26
Figur 7. Primärenergianvändning, inklusive producerad energi presenterat i negativ stapel, från samtliga processer indelat i respektive material samt scenario.	27
Figur 8. Klimatpåverkan från produktion av snöstör med vattenkraft respektive biobränsle.	28
Figur 9. Primärenergianvändning från produktion av snöstör med vattenkraft respektive biobränsle.	29

Förkortningar

<i>CH₄</i>	<i>Metan</i>
<i>CO₂</i>	<i>Koldioxid</i>
<i>N</i>	<i>Kväve</i>
<i>N₂O</i>	<i>Dikväveoxid/lustgas</i>
<i>PP</i>	<i>Polypropen</i>
<i>Tot-N</i>	<i>Totalkväve</i>
<i>Tot-P</i>	<i>Totalfosfor</i>

1 Inledning

I Sveriges miljöarbete har näringslivet en viktig roll och genom krav från samhället skapas incitament för företagen att kontinuerligt utveckla produkter och tjänster som är miljömässigt hållbara. Detta sker både storskaligt och småskaligt och i stor utsträckning även på initiativ från företagarna själva, speciellt inom jordbruk där verksamheten är beroende av miljön och ofta ses mer som en livsstil än som bara ett arbete (Naturvårdsverket, 2015). Att utvärdera vilka produkter och tjänster som är mest miljövänliga är en komplex process eftersom det ofta är många faktorer som spelar roll. Det finns dock metoder som exempelvis livscykelanalys (LCA) som används för att jämföra miljöpåverkan hos olika produkter och tjänster, vilket underlättar vid bedömningen av vad som är miljömässigt hållbart (Swedish Standards Institute, 2006).

Varje år distribueras snöstörar ut längs Sveriges vägar vilka har en betydande roll för trafiksäkerheten då de underlättar snöröjning och visar trafikanten vägbredden vid dålig sikt eller mörker (Trafikverket, 2014a). På trafikverkets vägar ska snöstör med reflex vara av plast alternativt ha ett plasthölje samt vara röd eller orange (Trafikverket, 2014b). Traditionellt är plast det material som används till snöstör men de senaste åren har snöstörar av alternativa material kommit till marknaden, som exempelvis bambu och salix (Nord, 2015), vilket väcker frågan om vilket alternativ som är mest miljömässigt hållbart.

1.1 Bakgrund

Gärsta Gård som ligger i Täby utanför Örebro odlade salix för första gången 1988 och har idag ca 200 ha salixodling tillsammans med traditionell spannmålsodling. Genom åren har gården själva utvecklat och byggt maskiner för tillverkning av salixstörar och sedan 1997 har gården haft försäljning av snöstörar. 2017 var produktionsvolymen 700 000 st. där huvudparten gick till snöstörsförsäljning och en liten

del till övrig försäljning av salixstörar till exempelvis flätning av staket (Jönssons Enkla Bolag, 2017).

1.1.1 Salix

Salix är energiskog, vilket innebär snabbväxande träd som planteras på jordbruksmark där skörd vanligtvis sker mellan vartannat till vart fjärde år med en odlingsperiod på 20–25 år. På 1970-talet etablerades de första odlingarna i Sverige och då var avsikten att använda salix till pappersmassaindustrin, men till följd av energikrisen under 1970-talet omvärderades målsättningen och salix blev en gröda som primärt används för produktion av energi. I början 1990-talet skedde en omställning av det svenska jordbruket vilket resulterade i att salixodlingarna ökade kraftigt och etablerades på marker som skulle avvecklas från livsmedelsproduktion. Salix har anklagats för att ha dålig lönsamhet vilket är kopplat till otillräcklig ogräshantering och gödning, frostsador samt äldre lågavkastande sorter, och idag är cirka 12 000 hektar odlade men maximalt har det uppgått till cirka 17 000 hektar. Den dåliga lönsamheten har ett starkt samband med omställningen under 1990-talet då etableringen av salix inte genomfördes på ett kommersiellt ändamålsenligt sätt, fokus var då att ställa om marken för att minska livsmedelsproduktionen. Idag visar dock flera studier att salix kan vara en lönsam gröda om den etableras på bra mark och odlingen sköts på ett korrekt sätt (Hollsten *et al.*, 2013).

Enligt en rapport från Jordbruksverket (2013) har salix flera miljö- och samhällsnyttor. Rapporten framhäver flera studier som visar att den biologiska mångfalden i salixodlingar är högre än hos traditionella ettåriga grödor, exempelvis finns det flera arter av insekter som gärna uppehåller sig i energiskogen vilket i sin tur lockar till sig fler fågelarter. Förutom miljönyttorna finns det även studier som visar på möjligheter att använda salix till olika samhällsnyttor, jämfört med ettåriga grödor kan rotsystemen hos energiskog ta upp näringsämnen året om vilket minskar näringsläckaget. Eftersom salix inte är avsedd för livsmedel kan avloppsvatten och slam spridas på odlingen och vartefter renas vilket minskar näringsläckaget och övergödningen samt hjälper att sluta kretsloppet mellan stad och land. Studier visar att salix är en effektiv upptagare av kadmium. Salix har hög rotbiomassa vilket leder till att mängden växtrester i marken ökar, vartefter markens mullhalt ökar och därmed dess bördighet. Detta leder långsiktigt till en ökning av markens kollager ökar vilket är positivt ur ett miljöperspektiv (Jordbruksverket, 2013).

1.1.2 Plast

Plast är ett samlingsnamn över syntetiska och semisyntetiska material som idag är centrala för människans vardag. Plastens historia sträcker sig över 100 år tillbaka

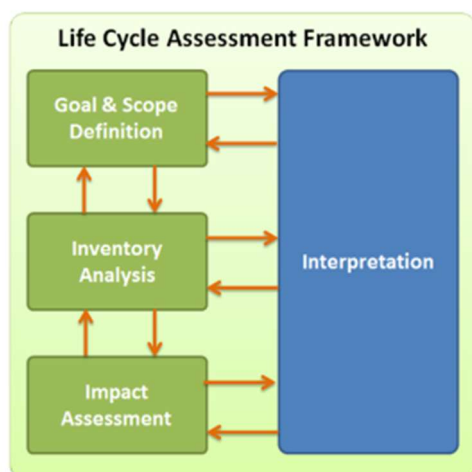
och tack vare dess mångsidighet har ett brett utbud av användningsområden utvecklats, materialet återfinns exempelvis i kläder, möbler, hus, bilar, telefoner och datorer (PlasticEurope, 2018c). Plast tillverkas av organiskt material som cellulosa, kol, naturgas, salt samt råolja, som idag är den främsta råvaran till plastproduktion (PlasticEurope, 2018a).

Råolja förekommer naturligt i berggrunden och består av en komplex blandning av tusentals föreningar. Första steget i produktion av plastgranulat är att destillera råoljan till lättare föreningar, kallade fraktioner, i ett oljeraffinaderi. Fraktionerna består av kolväten och skiljer sig genom storlek och struktur hos molekylerna. Plastproduktionen delas sedan in i två huvudprocesser: polymerisation och polykondensation, där den förstnämnda är den vanligaste. I polymerisationen länkas monomerer, som etylen och propylen, tillsammans till en lång kedja, en polymer. Varje kedja har olika egenskaper beroende på struktur och storlek hos monomerna som använts. Vidare kan plast delas in i två grupper: termo- och hårdplaster, där termoplaster har förmågan att omformas vid nedsmältning medan hårdplaster inte kan smältas ned utan att förstöra dess kemiska struktur (PlasticEurope, 2018b). Polypropen (PP) är en termoplast som idag är en av världens mest producerade plaster (PlasticEurope, 2018a).

Studier visar att plast och dess produktion har flera kända negativa effekter på miljön. Exempelvis innehåller råoljan giftiga ämnen som vid utvinning och hantering riskerar att avges till mark och luft. Plastavfall har dessutom ofta långa nedbrytningshastigheter och kan därför ha negativa effekter på djurlivet om avfallet hamnar i naturen (ÅF Energi och Miljöfakta, 2005).

1.1.3 Vad är en LCA?

Livscykelanalys är ett verktyg för att analysera miljöpåverkan t.ex. hos en produkt. Processen, presenterad i Figur 1, är iterativ och består av fyra delar; definition av mål och omfattning, inventeringsanalys, miljöpåverkansbedömning samt tolkning (Swedish Standards Institute, 2006). LCA delas in i två typer: bokförings-LCA och förändrings-LCA, där bokförings-LCA undersöker den nuvarande miljöpåverkan medan förändrings-LCA undersöker miljöpåverkan vid en förändring (SLU, 2018). Detta verktyg kan med fördel användas som exempelvis beslutsunderlag då resursflöden kartläggs och potentiella hotspots kan identifieras, vilket underlättar utvärdering av åtgärder för att reducera miljöpåverkan (Swedish Standards Institute, 2006).



Figur 1. Processen hos en LCA.

1.2 Definition av mål och omfattning

Syftet med studien är att undersöka ett alternativt material till snöstörar genom att kartlägga miljöpåverkan från en snöstör tillverkad av salix på Gärsta gård. Samt att utföra en jämförelseanalys med en snöstör tillverkad av plast. Målet är att kunna ge ett beslutsunderlag som underlättar utvärderingen av olika alternativ ur en miljösynpunkt. Studien kommer genomföras som en bokförings-LCA eftersom det är den direkta miljöpåverkan från snöstörar som begärdes att undersökas. **Den funktionella enheten är per snöstör och år.** Miljöpåverkanskategorier som kommer undersökas är: *klimatpåverkan*, *primärenergianvändning* samt *vattenförbrukning*. Klimatpåverkan samt primärenergianvändning väljs eftersom dessa anses lämpliga till att spegla en total miljöpåverkan. Vattenförbrukning inkluderas eftersom salixodlingen och plastproduktion förväntas ha en betydande vattenanvändning.

1.2.1 Avgränsningar

Avgränsningar i denna studie presenteras i punktlistan nedan.

- Gäller snöstörar avsedda för användning i Sverige.
- Livscykelperspektivet vagga till graven tillämpas, se Figur 2 samt 3 för respektive materials livscykel.
- Gäller salixodling samt produktion av snöstör av salix på Gärsta Gård i Täby utanför Örebro, där miljöpåverkan från salixodlingen, snöstörsproduktionen samt distribution, användning och insamling beräknas utifrån en hektar salix under en odlingsperiod, därefter har resultatet omräknats till per snöstör och år.

2 Material och metod

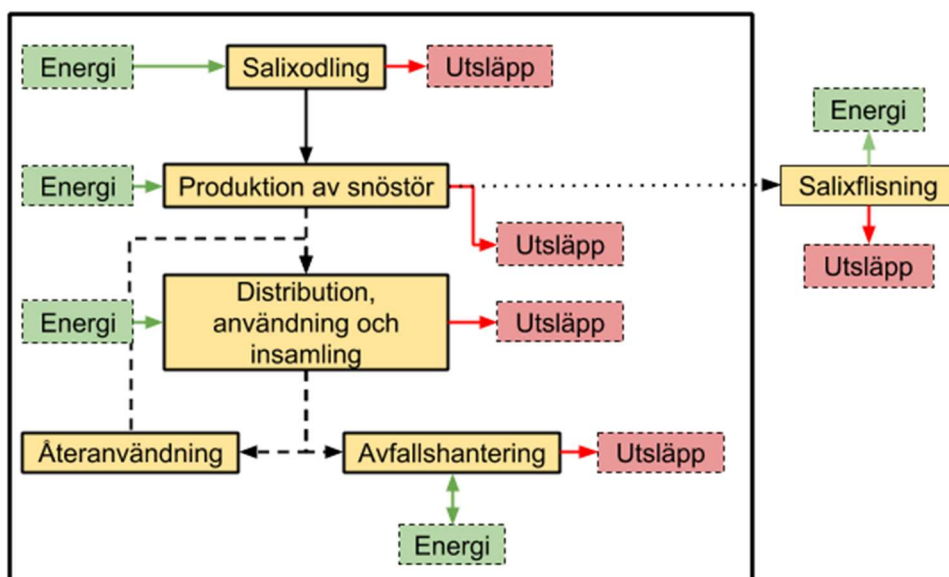
Information och data till denna studie har erhållits från Gärsta Gård, genom intervjuer med NCC, Svevia och A-plast AB samt genom databasen Ecoinvent. Kompletterande uppgifter har tagit från bland annat IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), Plastics Europe, Statens Energimyndighet och Network for Transport Measures samt från artiklar och studier hämtade från SLU:s databas Primo.

2.1 Systembeskrivning

2.1.1 Snöstör tillverkad av salix

Flödesschema för snöstör tillverkad av salix presenteras i Figur 2, den svarta ramen visar vilka processer som inkluderats i studien och den svarta heldragna pilen symboliserar transport som inkluderats i studien. Annan infrastruktur, tillverkning av maskiner för varje process samt försäljning av salixflis har exkluderats. Övrig försäljning av salixstörar, exempelvis till flätning av staket, uppskattas till >1 % av produktionen¹, och försummas i denna studie. Utsläpp som undersöks i studien är växthusgaserna koldioxid (CO₂), dikväveoxid (N₂O) samt metan (CH₄).

1. (Jönsson, 2018).



Figur 2. Flödesschema för snöstör av salix.

Salixodling

Plantering av sticklingar sker i maj och under de två första månaderna sker ogräsbekämpning genom radresning för att plantan ska få en chans att etablera sig. Första årsskottet slås utan skörd och därefter får de nya skotten etableras som, beroende på tillväxt, skördas under vintermånaderna efter två till tre år. Efter varje skörd sker radrensning och gödsling med rötslam, mineralgödsel eller restprodukter från industrin, detta beroende på vad som är tillåtet att sprida. På hälften av de odlade hektaren sprids mineralgödsel Urea N46 och på den resterande hälften sprids ammoniumsulfat från Oxelösunds Järnverk. När miljöförvaltningen hos Örebro kommun tillåter sprids rötslam, från det kommunala reningsverket Skebäckverket, på samtliga hektar². Ammoniumsulfat är en restprodukt från ståltillverkning och uppstår när svavelsyra mättas med ammoniak, varefter ammoniumsulfaten faller ut som kristallin form. Restprodukten innehåller 21 % N (Biototal, 2014). Rötslammet har växt-näringsinnehåll 41 kg tot-N ha⁻¹ (Biototal, 2017). Mineralgödseln har ett kväveinnehåll på 46 % (Yara, 2017). Eventuella innehåll av kalium och fosfor i gödseln har exkluderats i denna studie. Mängd N giva per hektar och gödslingstillfälle samt andel hektar som sprids för respektive gödsel presenteras i Tabell 1. I denna studie delas resultatet upp i två scenarion, scenario A där gödsling sker med mineralgödsel samt scenario B där gödsling sker med ammoniumsulfat. Både scenario A samt B gödslas även med rötslam efter var 3:e skörd.

2. (Jönsson, 2018).

Tabell 1. *Gödselgiva per ha och gödslingstillfälle vid salixodling^a.*

	<i>Giva per ha och gödslingstillfälle</i>	<i>Andel ha</i>
Ammoniumsulfat	75 kg N	50 %
Rötslam	41 kg N	100 %
Mineralgödsel	75 kg N	50 %

a. (Jönsson, 2018).

En plantering håller i cirka 20–25 år och därefter sker avetablering genom jordfräsning och ett uppbrott med träda eller spannmålsproduktion under ett eller två år. Maskiner som används i salixodlingen är planteringsmaskin, radrensare, gödselspridare samt skördemaskin. Efter skörd transporteras salix till gården med lastbil³. Drivmedelsförbrukningen vid salixodling presenteras i Tabell 2. Beräkningar i denna studie gäller en odlingsperiod på 23 år med skörd vart 2,5:e år, där en skörd ger 22 500 snöstörar per ha.

Tabell 2. *Dieselförbrukning per ha och skörd vid salixodling^a.*

	<i>Förbrukning per ha och skörd</i>
Planteringsmaskin	63,2 L
Slåttermaskin	3,5 L
Radrensare	5 L
Gödselspridare	0,6 L
Skördemaskin	41,5 L
Lastbil	30,3 L

a. (Jönsson, 2018).

Produktion av snöstör av salix

En traktor matar in salix i produktionen som består av en egentillverkad maskin där den kapas och buntas i paket om 25 st. Ca 50 % av snöstörarna målas med reflex och då matas salixstören in i ytterligare en egentillverkad maskin där ett lager oljebaserat lack, utblandat med aluminiumpigment, appliceras vartefter glaspärlor fästs⁴. Lacket tillverkas av Sigma Coatings och består av alkyd/fenolharts och lacknafta, det saknas data på eventuell negativ miljöpåverkan (Sigma Coatings, 2005). Aluminiumpigmenten tillverkat av Carlfors Bruk består av aluminiumpulver, alkoholer C6-12 etoxylat samt oktylfosfonsyra och klassas som ofarligt för miljön (Carlfors Bruk, 2017). Glaspärlorna tillverkas av SWARCO och har inga kända negativa effekter på miljön (Swarco, 2008). Eventuell miljöpåverkan från lacket, aluminiumpigmenten samt glaspärlor har exkluderats från denna studie. Salixstörar som inte uppfyller kraven på snöstör samt defekta störar krossas och säljes som bränsle till

3. (Jönsson, 2018).

4. (Jönsson, 2018).

det lokala kraftvärmeverket, Åbyverket. Försäljning av salixflis har exkluderats i denna studie. Mindre än 1 % av tillverkade salixstörar går till övrig försäljning som flätning till staket m.m., denna andel har försummats i studien. Hela produktionen drivs av förnyelsebar el⁵. Energi-, drivmedels-, samt materialförbrukning vid produktion presenteras i Tabell 3.

Tabell 3. *Energi-, drivmedels-, samt materialförbrukning per snöstör vid produktion^a.*

	<i>Förbrukning per snöstör</i>
Produktionsmaskin	0,0549 kWh
Målarmaskin	0,0063 kWh
Dieselförbrukning	0,0039 L
Vattenförbrukning	0 L
Glaspärlor	1,5 g
Oljebaserat lack	0,5 g
Aluminiumpigment	0,05 g

a. (Jönsson, 2018).

Distribution, användning och insamling

Distribution sker med hjälp av en traktor med automatsättare. När snöstören uppfyllt sitt syfte finns det olika sätt att hantera den, ett alternativ är att inte ta in snöstören utan låta den klippas ner av kantslättern eller tas ner vid vallskärning eller snötryckning. Ett annat alternativ är att snöstören tas upp med en automatplockare eller genom manuell handplockning med bil, och vid optimala förhållanden kan stören återanvändas i 4–5 år. Vilket alternativ som används beror på vägkraven. Både distribution och insamling sker i viss utsträckning av gården. När salixstören inte längre uppfyller vägkraven går den till förbränning⁶. Drivmedelsförbrukningen presenteras i Tabell 4. I denna studie antas att samtliga snöstörar tas upp med automatplockare samt att distribution och insamling sker enbart av gården.

Tabell 4. *Drivmedelsförbrukning per snöstör vid distribution och insamling^a.*

	<i>Förbrukning per snöstör</i>
Automatsättare	0,0583 L diesel
Automatplockare	0,0525 L bensin

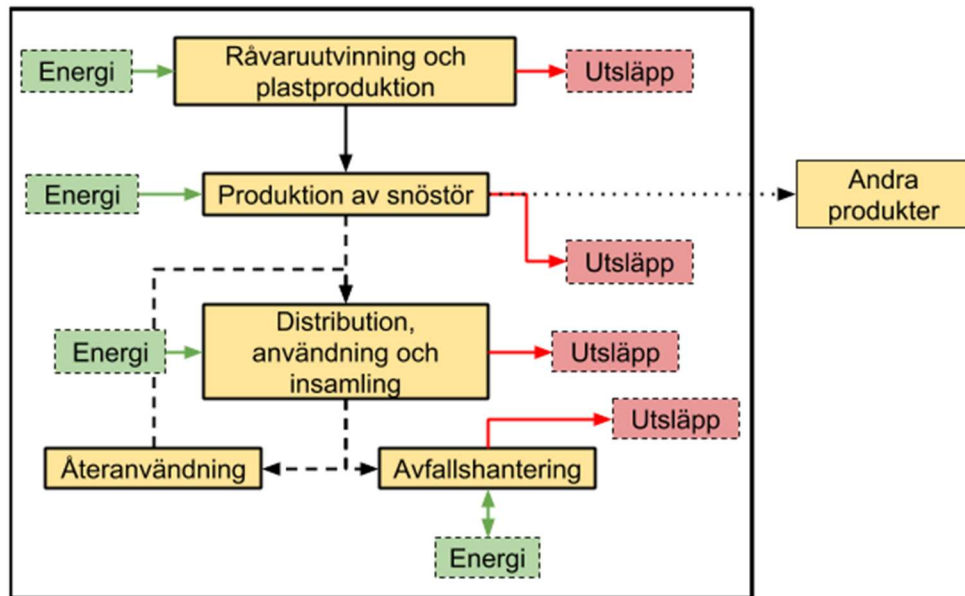
a. (Jönsson, 2018).

5. (Jönsson, 2018).

6. (Jönsson, 2018).

2.1.2 Snöstör tillverkad av plast

Flödesschema för snöstör tillverkad av plast presenteras i Figur 3, den svarta ramen visar vilka processer som inkluderats i studien och den svarta heldragna pilen symboliserar transport som inkluderats i studien. Annan infrastruktur tillsammans med tillverkning av maskiner för varje process har exkluderats. Utsläpp som undersöks i studien är växthusgaserna CO₂, N₂O samt CH₄.



Figur 3. Flödesschema för snöstör av plast.

Produktion av snöstör av plast

Snöstören tillverkas av polypropen som importeras från Tyskland, med transporter som levererat gods och som normalt går tomma upp till Sverige, till fabriken i Älg-hult. I fabriken sugas plastgranulatet upp i en maskin där den värms upp till 220 °C och smälter, därefter tillsätts UV-skydd och pigment innan plasten formas, kapas och packas i buntar om 25 st⁷. Tillsatsernas miljöpåverkan är okänd och exkluderas i denna studie. Defekta snöstörrar går tillbaka in i maskinen och smälts ned igen. Hela produktionen drivs på förnyelsebar el och vattnet som åtgår är till maskinens kylpump som byts varje eller vartannat år⁸. Transporten av plastgranulat från Tyskland till Sverige är inkluderat i denna studie, dock exkluderas transporten av snöstör från fabrik till entreprenör. Vattenutbyte antas ske varje år, i Tabell 5 presenteras energi- och materialförbrukning vid produktion.

7. (Blad, 2018).

8. (Blad, 2018).

Tabell 5. Energi- och materialförbrukning per snöstör vid produktion av snöstör^a.

	Förbrukning per snöstör
PP	250 g
UV	2 g
Pigment	3 g
Förnyelsebar el	0,0056 kWh
Vatten	0,0002 L

a. (Blad, 2018).

Distribution, användning och insamling

Distribution samt insamling sker med samma metod som hos snöstör av salix. Efter användning tvättas och sorteras snöstörarna och vid optimala förhållanden kan snöstören återanvändas i ca 6 år, när snöstören inte längre uppfyller vägraven säljs den vidare till exempelvis samfällighetsföreningar alternativt går till förbränning eller materialåtervinning⁹. Eftersom snöstören inte består av rent PP kan plasten bara smältas ned och omformas till ett begränsade antal produkter som blomkrukor och pallar (Hillman *et al.*, 2015). Drivmedelsförbrukningen vid distribution och insamling antas vara liknande som för snöstören av salix därav används samma data i beräkningarna, se Tabell 4.

2.2 Beräkningsmetoder samt data

Vid beräkning av miljöpåverkan från framställning av mineralgödsel har data presenterat i Tabell 6 använts. Eventuell miljöpåverkan från framställning av ammoniumsulfat och rötgödsel exkluderas eftersom dessa är restprodukter.

Tabell 6. Primärenergianvändning och växthusgasutsläpp vid framställning av mineralgödsel^a.

Gödselämne	Primärenergianvändning (MJ kg ⁻¹)	CO ₂ (g kg ⁻¹)	CH ₄ (g kg ⁻¹)	N ₂ O (g kg ⁻¹)
Kväve, N	35,2	3200	3,1	18

a. (Hammar *et al.*, 2014).

Tillsättning av kvävegödsel ger upphov till biologiska processer som leder till utsläpp av växthusgasen N₂O, vid beräkning av direkta och indirekta utsläpp har ekvation (1) och (2) använts. Beskrivning av respektive parameter samt värde presenteras i Tabell 7, genom fraktionen $\frac{44}{28}$ omvandlas N till N₂O (Hammar *et al.*, 2014).

$$N_2O_{direkt} = EF_N * N_{giva} * \frac{44}{28} \quad (1.)$$

9. (Sandberg, 2018; Stridh, 2018).

$$N_2O_{indirekt} = N_{giva} * (F_a * EF_F + N_{utlakning} * EF_U) * \frac{44}{28} \quad (2.)$$

Tabell 7. Parametrar för beräkningar av N_2O utsläpp genom ekvation (1) och (2).

Parameter	Beskrivning	Värde	Enhet
$N_{utlakning}$	N förlust genom utlakning	0,30 ^a	kg N kg ⁻¹ tillsatt N
N_{giva}	N tillsatt	Beror på gödseltyp	kg N
EF_N	Direkta utsläpp från tillsatt N	0,01 ^a	kg N_2O -N kg ⁻¹ N
EF_F	Utsläpp från förflyktigande och återinsättning	0,01 ^a	kg N_2O -N kg ⁻¹ NH_3 -N
EF_U	N_2O utsläpp till följd av N utlakning	0,0075 ^a	kg N_2O -N kg ⁻¹ utlakat N
F_a	Andel av tillsatt N avgett som ammoniak	0,012 ^a	kg NH_3 -N+ NO_x -N kg ⁻¹ tillsatt N

a. (Hammar *et al.*, 2014).

När utsläpp av växthusgaser från drivmedelsförbrukning beräknats har data, presenteras i Tabell 8, från Statens energimyndighet använts där livscykelperspektivet ”well to wheels” tillämpats. Val av drivmedelskvaliteter baseras på de mest använda i Sverige (Statens energimyndighet, 2017a).

Tabell 8. Utsläpp av CO_2 -ekv., värmevärde samt primärenergifaktor för respektive drivmedel.

Drivmedel	CO_2 -ekv. (kg l ⁻¹) ^a	Värmevärde (MJ L ⁻¹) ^a	Primärenergifaktor ^b
Diesel MK1	2,853	31,7	1,09
Bensin MK1	2,890	32,2	1,09

a. (Statens energimyndighet, 2017c).

b. (Gode *et al.*, 2011).

Utsläpp från elförbrukningen beräknas enligt data som presenteras i Tabell 9 och i samma tabell presenteras även primärenergifaktorn som används i beräkning av primärenergianvändning. Eftersom det saknas data på exakt vilka förnyelsebara energikällor som används vid produktion av snöstör av salix samt plast, antas det vara från biobränsle vilket är de vanligaste formen av förnyelsebar energi i Sverige (Statens energimyndighet, 2017b). När det gäller CO_2 -ekv. samt primärenergifaktor för biobränsle har ett medelvärde beräknats utifrån olika former av biobränslen som presenteras i Bilaga 1.

Tabell 9. Utsläpp av CO_2 -ekv. samt primärenergifaktor för biobränsle.

Energikälla	CO_2 -ekv. (kg kWh ⁻¹) ^a	Primärenergifaktor ^a
Biobränsle	0,0029	0,6971

a. Beräknat från (Gode *et al.*, 2011).

Vid beräkning av växthusgasutsläpp från transporten av plastgranulat från Tyskland till fabriken i Älgshult har verktyget NTMCalc Basic 4.0 använts, resultat presenteras i Tabell 10.

Tabell 10. *Växthusgasutsläpp samt energiförbrukning från transporten av plastgranulat^a.*

	Sträcka (km)	Dieselförbrukning (L)	CO ₂ (kg)	CH ₄ (kg)	N ₂ O (kg)	Energi (MJ)
Tyskland - Älgshult	961,94	9702	27,78	26,01	1,067	408 700

a. (Network for Transport Measures, 2018).

Data på miljöpåverkan från produktion av plastgranulat är hämtat från Ecoinvent och presenteras i Tabell 11.

Tabell 11. *Miljöpåverkan från produktion av plastgranulat.*

Miljöpåverkanskategori	Per snöstör	Enhet
Klimatpåverkan	0,5135 ^a	kg CO ₂ -ekv. snöstör ⁻¹ år ⁻¹
Primärenergianvändning	5,217 ^a	kWh snöstör ⁻¹ år ⁻¹
Vattenförbrukning	10,64 ^b	L snöstör ⁻¹ år ⁻¹

a. Beräknat från (Ecoinvent, 2017a).

b. Beräknat från (Ecoinvent, 2017b).

Salixstörens och plaststörens effektiva värmevärde samt utsläpp vid förbränning och materialåtervinning presenteras i Tabell 12. Eventuella energivinster från respektive materials förbränning samt materialåtervinning har exkluderats från denna studie.

Tabell 12. *Vikt och effektivt värmevärde för salixstören samt utsläpp vid förbränning.*

Material	Vikt (kg snöstör ⁻¹)	Effektivt värmevärde (MJ snöstör ⁻¹)	Utsläpp vid förbränning (CO ₂ ekv snöstör ⁻¹)	Utsläpp vid materialåtervinning (CO ₂ ekv snöstör ⁻¹)
Salix	0,448 ¹⁰	7,078 ^a	0,136 ^a	-
Plast	0,250 ¹¹	10,97 ^a	0,70 ^c	0,55 ^c

a. Beräknat från (Hammar, 2017).

b. Beräknat från (Tsiamis & Castaldi, 2016).

c. Beräknat från (Hillman *et al.*, 2015).

Vid beräkning av utsläpp av växthusgaser har omräkningsfaktorerna för Global Warming potential (GWP) som presenteras i Tabell 12 använts. GWP₁₀₀ är ett mått på växthusgasernas förmåga att bidra till växthuseffekten under en tidsperiod på 100 år (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2011).

10. (Jönsson, 2018).

11. (Blad, 2018).

Tabell 13. *Omräkningsfaktorer för GWP₁₀₀.*

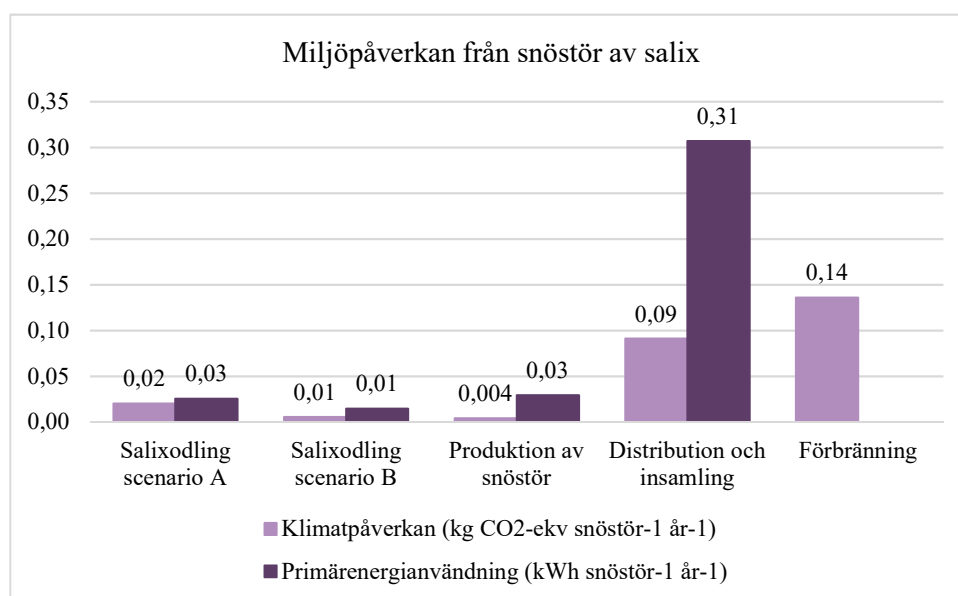
Växthusgas	GWP ₁₀₀ ^a
CO ₂	1
CH ₄	30
N ₂ O	265

a. (Myhre *et al.*, 2013).

3 Resultat

3.1 Miljöpåverkan från snöstör av salix

Klimatpåverkan och primärenergianvändning från snöstör av salix för respektive process presenteras i Figur 4. Totala miljöpåverkan från snöstör av salix, exklusive förbränning, med scenario A är 0,11 kg CO₂-ekv. snöstör⁻¹ år⁻¹ och 0,37 kWh snöstör⁻¹ år⁻¹ och med scenario B 0,10 CO₂-ekv. snöstör⁻¹ år⁻¹ och 0,35 kWh snöstör⁻¹ år⁻¹. Figuren visar att distribution och insamling har störst utsläpp av växthusgaser samt högst användning av primärenergi. Salixodling scenario A, med mineralgödsel, har en större klimatpåverkan samt högre primärenergianvändning än salixodling, scenario B, med ammoniumsulfat. Samtliga processer har ingen vattenförbrukning därav presenteras inte detta i figuren.



Figur 4. Klimatpåverkan och primärenergianvändningen från snöstör salix indelat i respektive process.

Resultat från en studie där de mätt nettoupptaget av organiskt kol hos salixodlingar presenteras i Tabell 14 tillsammans med klimatpåverkan från snöstör av salix när upptaget av CO₂ från salixodlingen tagits bort.

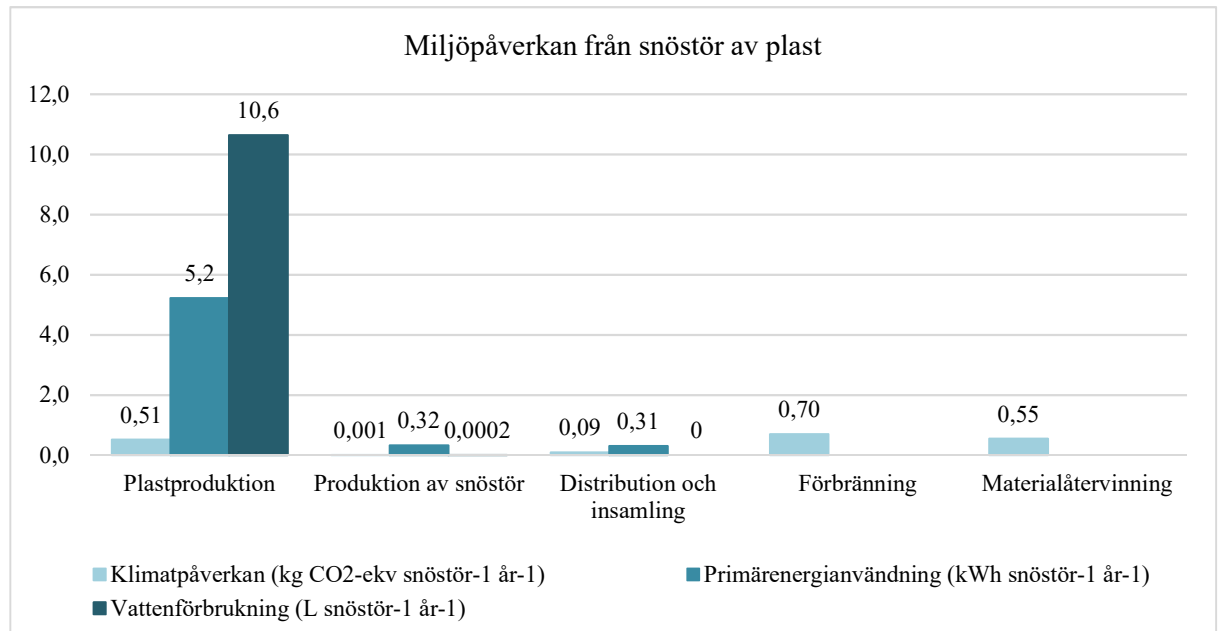
Tabell 14. Inbindning av organiskt kol samt klimatpåverkan från snöstör vid salixodling.

Salix	Tot. klimatpåverkan (kg CO ₂ -ekv snöstör ⁻¹ år ⁻¹)	Nettoupptag av organiskt kol (kg CO ₂ snöstör ⁻¹ år ⁻¹)	Tot. klimatpåverkan m. hänsyn till netto- upptag av organiskt kol (kg CO ₂ -ekv snö- stör ⁻¹ år ⁻¹)
Scenario A	0,11	-0,0785	0,0315
Scenario B	0,10	-0,0785	0,0215

a. Beräknat från (Hammar *et al.*, 2014).

3.2 Miljöpåverkan från snöstör av plast

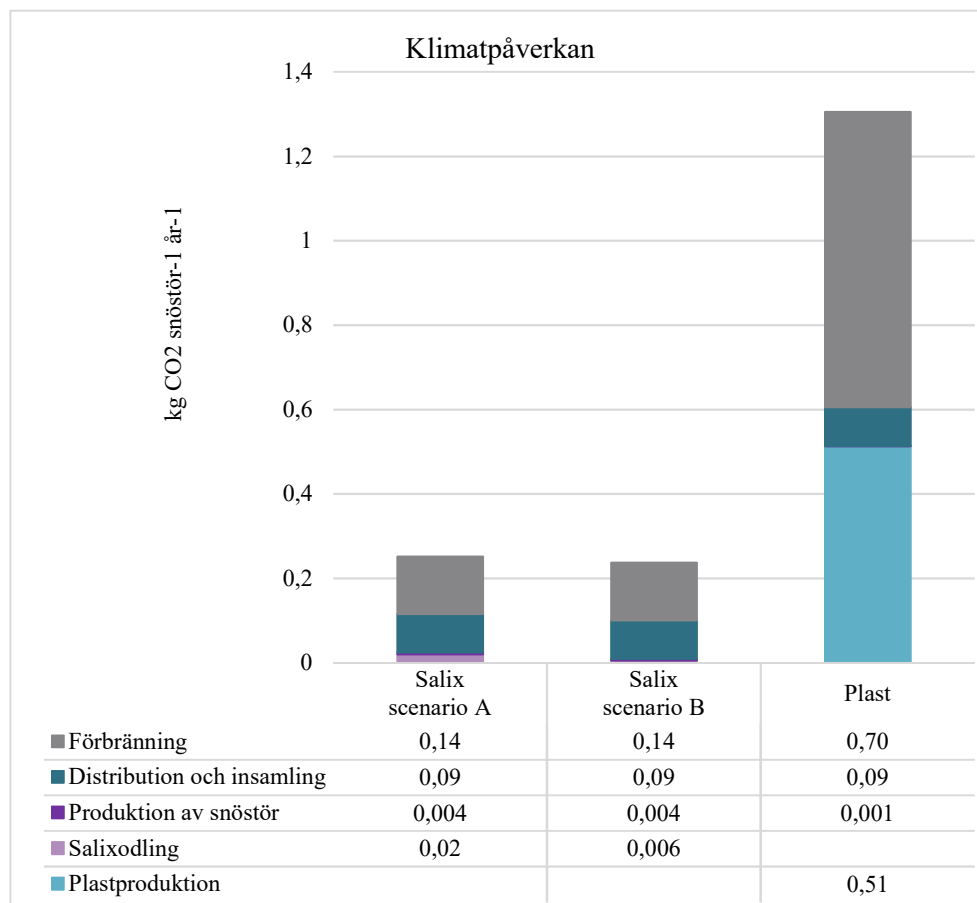
Klimatpåverkan, primärenergianvändning samt vattenförbrukning från snöstör av plast för respektive process presenteras i Figur 5. Totala miljöpåverkan från snöstör av plast, exklusive förbränning samt materialåtervinning, är 0,60 kg CO₂-ekv. snöstör⁻¹ år⁻¹ och 5,83 kWh snöstör⁻¹ år⁻¹. Figuren visar att plastproduktionen tydligt är störst i samtliga miljöpåverkanskategorier. Vattenförbrukningen är den kategori som skiljer sig mest eftersom plastproduktion kräver mer vatten än de övriga processerna. Figuren visar även att materialåtervinning av plast har lägre klimatpåverkan än förbränning av plast.



Figur 5. Klimatpåverkan, primärenergianvändningen samt vattenförbrukning från snöstör av plast indelat i respektive process.

3.3 Jämförelse mellan materialen

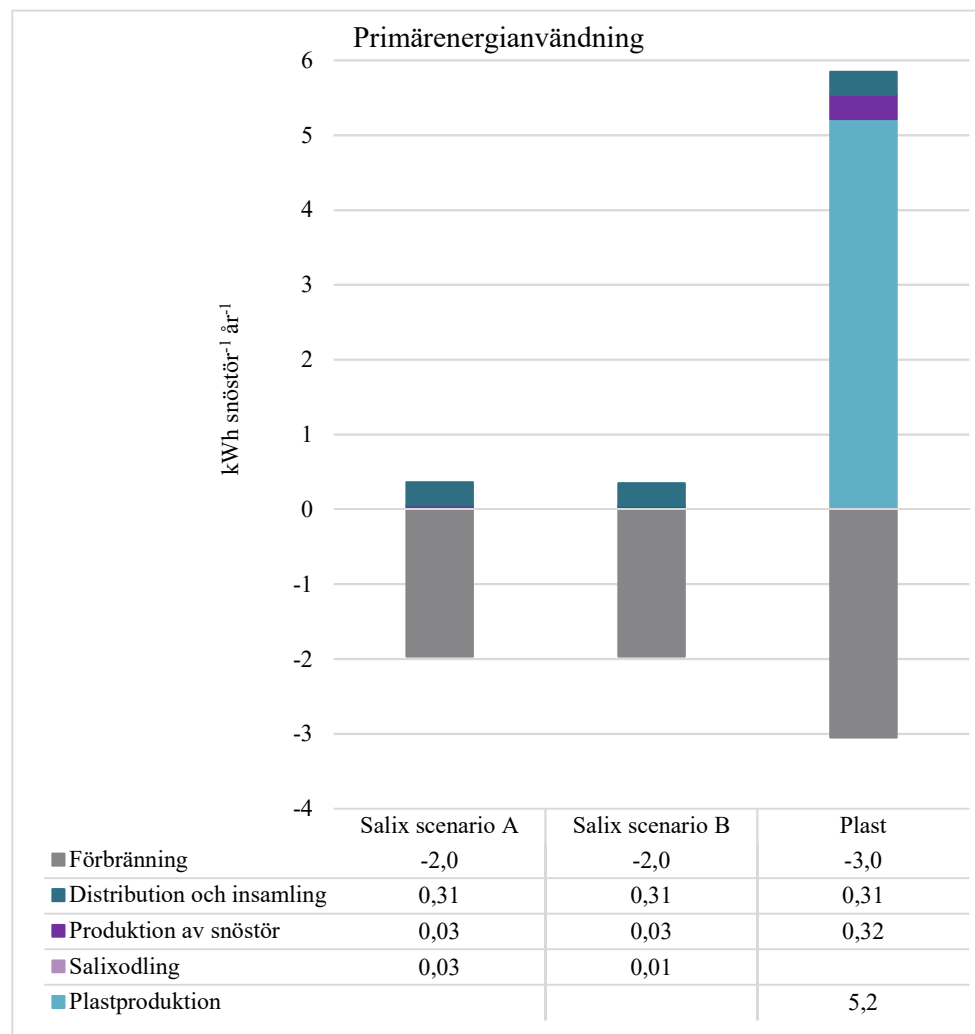
Jämförelse av klimatpåverkan från snöstör av salix scenario A och scenario B samt från snöstör av plast presenteras i Figur 6. Figuren visar att snöstör av plast har totalt den största klimatpåverkan, där plastproduktionen står för huvudparten av utsläppen. Vad gäller processen produktion av snöstör är klimatpåverkan högre hos salix än hos plast. Figuren visar även att plaststören har ett högre växthusgasutsläpp vid förbränning än salixstören. Salix scenario B har totalt den minsta klimatpåverkan.



Figur 6. Klimatpåverkan från samtliga processer indelat i respektive material samt scenario.

Jämförelse av primärenergianvändning från snöstör av salix scenario A och scenario B samt från snöstör av plast presenteras i Figur 7 där producerad energi från förbränningen presenteras i den negativa stapeln. Här har snöstör av plast totalt högst primärenergianvändning, och liksom för klimatpåverkan står plastproduktionen för huvudparten av användningen. Primärenergianvändningen för produktion av snöstör är högst hos snöstören av plast, även här har snöstör av salix scenario B totalt

minst primärenergianvändning. Vid förbränning ger plaststören mer energi än salixstören.



Figur 7. Primärenergianvändning, inklusive producerad energi presenterat i negativ stapel, från samtliga processer indelat i respektive material samt scenario.

Både snöstören av salix samt plast kan återanvändas i 4–6 år innan stören inte längre uppfyller kraven, vilket innebär att endast distribution och insamling kommer vara den miljöpåverkanskategori som ger växthusgasutsläpp samt kräver primärenergi.

3.4 Känslighetsanalys

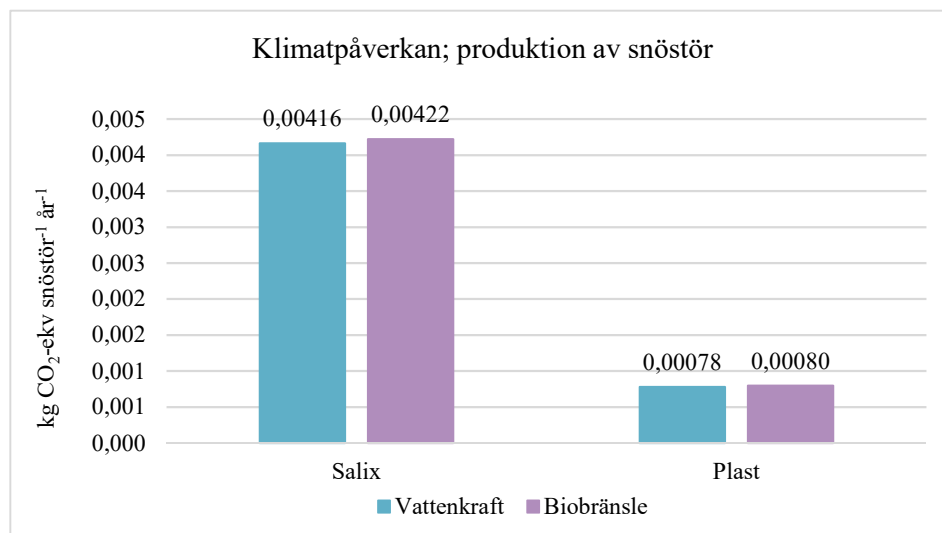
Känslighetsanalys utförs på val av förnyelsebar energikälla vid produktion av snöstör. Val av förnyelsebar energikälla baseras på den mest använda formen av förnyelsebar energikälla i Sverige, vilket är biobränslen. En annan stor del av den förnyelsebara energin är vattenkraft och därför utförs en känslighetsanalys där den förnyelsebara energikällan antas vara vattenkraft för att se hur känsligt resultaten är inför detta antagande. I Tabell 15 presenteras växthusgasutsläpp samt primärenergifaktorn för vattenkraft.

Tabell 15. *Utsläpp av CO₂-ekv. samt primärenergifaktor för vattenkraft.*

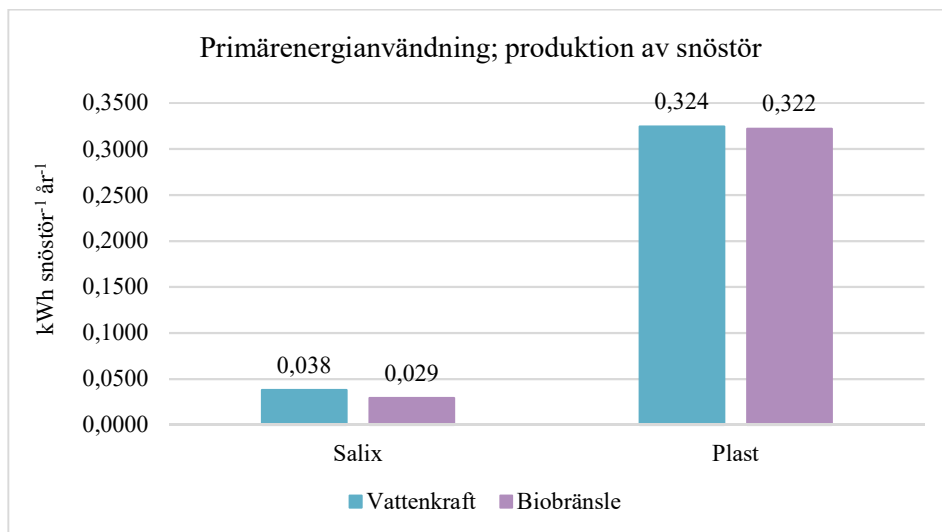
Energikälla	CO ₂ -ekv. (kg kWh ⁻¹) ^a	Primärenergifaktor ^a
Vattenkraft	0,004	1,10

a. Beräknat från (Gode *et al.*, 2011).

Den process som påverkas av detta antagande är produktion av snöstör. I Figur 9 samt 10 visas skillnaden i klimatpåverkan respektive primärenergianvändning mellan biobränsle och vattenkraft.



Figur 8. Klimatpåverkan från produktion av snöstör med vattenkraft respektive biobränsle.



Figur 9. Primärenergianvändning från produktion av snöstör med vattenkraft respektive biobränsle.

Figurerna visar att vattenkraft ger en knappt märkbar skillnad där klimatpåverkan är aningen lägre och primärenergianvändning är aningen högre. Detta visar att antagandet angående förnyelsebar energikälla inte påverkar resultatet avsevärt.

4 Diskussion

Resultatet från denna studie visar att snöstör tillverkad av salix är miljömässigt det bästa alternativet när det gäller miljöpåverkanskategorierna; klimatpåverkan, primärenergianvändning och vattenförbrukning. Snöstör tillverkad av plast har totalt högre klimatpåverkan och primärenergianvändning än snöstören av salix men inom processen produktion av snöstör hade dock salixstören en högre klimatpåverkan än plaststören. Det finns många möjliga anledningar till detta, bland annat kommer plaststören från en storskalig fabrik som tillverkar många olika typer av plastprodukter där samtliga processer troligtvis är mer effektiviserade än den småskaliga produktionen på gården, där de dessutom konstruerat sina egna maskiner. När det gäller produktionen av plaststören är det viktigt att påpeka att endast ett företag har bidragit med information som dessutom var begränsad på grund av att informationen som efterfrågades inte är för allmänheten. Detta gör att det finns en risk att ytterligare miljöpåverkan från produktionen inte har inkluderat i denna studie.

Den process som överlägset stod för största miljöpåverkan var plastproduktionen vilket inte är förvånande då råoljeutvinning med plastproduktion är en komplicerad process som ofta innefattar långa transporter, speciellt eftersom Sverige inte har egen råoljeutvinning, men också för att råoljeutvinning och plastproduktion ofta sker på olika lokaler (PlasticEurope, 2018b). Plast har idag en fundamental roll i vår vardag tack vare sin mångsidighet och eftersom plast finns i många olika typer med olika egenskaper är det svårt att tala om plast som ett ämne med gemensamma för- och nackdelar. Plasten som används till snöstörsproduktion, PP, är en av världens vanligaste plaster och inte giftig i sin rena form då den kan materialåtervinnas och vid fullständig förbränning bildas koldioxid och vatten (PlasticEurope, 2018c). Det är vid inblandning av andra ämnen som det blir mer komplicerad då dessa ämnen kan reagera olika vid nedsmältning och förbränning. I Plaststören från A-plast tillsätts UV-skydd och pigment¹² vars eventuella effekter vid materialåtervinning och förbränning är okänd, även dess eventuella påverkan på naturen under användning

12. (Blad, 2018).

är okänd. Att föreställa sig en framtid utan plast är idag svårt men råoljan är en ändlig resurs vilket gör leder till att vår hantering av plast blir allt viktigare. Plast är ett material med lång livstid och för att bevara denna resurs måste främst miljöförstöringen genom nedskräpningen upphöra men även materialåtervinningen öka och utvecklas.

4.1 Att jämföra salix och plast

Jordbruk är ett dynamiskt system som är svår att jämföra med industri eftersom den inkluderar flera oförutsägbara faktorer som exempelvis väder och sjukdomar. Gärsta Gårds salixodling drabbades av frostsador våren 2017 och en sort av salix har även drabbats av en rostsjukdom vilket gjort att gården avvecklat odlingarna med just den sorten¹³. Skillnader i kvalitet och avkastning mellan åren är något en måste acceptera när det gäller jordbruk, dock finns det sätt att minska risken för att yttre faktorer ska påverka produktionen allvarligt. Liksom inom andra jordbruk är det bra att ha en diversitet bland arterna och inte bara odla en enda sort, exempelvis finns det sorter som är mer frosttåliga eller immuna mot vissa sjukdomar, men hur många åtgärder en än sätter in kan jordbruk, till skillnad från en industri, bara kontrolleras till en viss grad och resten är de naturliga processer som sköter. Detta tillsammans med det faktum att salixodlingarna i Sverige idag inte räcker till (Hollsten *et al.*, 2013) gör det osannolikt att samtliga snöstöror i Sverige skulle tillverkas av salix.

Ett problem som uppdagades vid intervjuer med entreprenörerna är att olika lokaler i landet ställer olika krav på snöstören, exempelvis är det mer vanligt att använda salixstör i landets kallare delar på grund av den bättre motståndskraft mot kyla och om den skulle ramla på grund av påfrestningar från de stora snömassorna kan den lämnas kvar och tas hand av naturen¹⁴. Dock visar sig plaststören vara mer tåliga för påfrestningarna från snömassorna¹⁵ vilket är en viktig aspekt när det gäller trafiksäkerheten. Tack vare att salixstören är ett naturmaterial öppnar sig även möjligheten för entreprenörerna att besparas i insamlingen och helt enkelt låta stören tas ned vid kantslåttring, vallskärning eller snötryckning vilket skulle eliminera miljöpåverkan från insamling men samtidigt öka produktionen av salixstör eftersom alternativet återanvändning försvinner. Eventuell miljöpåverkan från reflexen applicerad på salixstören vid förmultning eller förbränning är okänd vilket också kan påverka möjligheterna att lämna kvar salixstören i naturen. På grund av de olika kraven och försättningsarna är det svårt att sätta riktlinjer och linjer som ska gälla hela landet, i

13. (Jönsson, 2018).

14. (Sandberg, 2018; Stridh, 2018)

15. (Blad, 2018).

landets norra delar skulle möjligtvis salixstören vara mer fördelaktigt än plaststören på grund av köldresistensen men också för att det är ofta långa sträckor som ska markeras vilket gör det kostsamt att behöva insamla alla igen.

Viktigt att komma ihåg är att denna studie inte tagit hänsyn till ekonomiska aspekter vilket såklart spelar roll när entreprenörerna gör sina inköp, eftersom det krävs ett stort antal snöstörar för att kunna markera Sveriges vägar krävs det att produktionskostnaden och därmed slutprodukten inte är orimligt dyr. Säkerhetsrelaterade aspekter är inte heller inkluderande i denna studie vilket också är mycket viktigt eftersom snöstören är betydelsefull för trafiksäkerheter. Krav på reflex är självklart för att snöstören ska kunna uppfylla sitt syfte men vissa ställer även krav på att snöstören ska vara röd eller orange för att den ska synas bättre (Trafikverket, 2014b), vad som är bäst en svår fråga att besvara eftersom många aspekter spelar in. I första åtanke kan tankesätten ”ju mer desto bättre” appliceras när det gäller reflexer och hjälpmedel längs vägen men vissa påstår att överdrivet mycket hjälpmedel gör trafikanten mindre försiktig och istället ökar farten¹⁶.

En aspekt som jämfördes i studien var energiutvinning och växthusgasutsläpp vid materialåtervinning och förbränning där resultatet visade att plaststören hade ett högre effektivt värmevärde, alltså ger med energi vid förbränning, men även ett högre växthusgasutsläpp. När det gäller plaststören är det miljömässigt bästa alternativet att materialåtervinna så långt som det går innan förbränning eftersom plasten behåller sin energimängd. Viktigt att påpeka är dock att vad gäller utsläppen vid förbränning samt materialåtervinning skiljer sig detta mellan materialen, eftersom salixstören ger upphov till biogena utsläpp vilket ses som en del av det förnyelsebara kretsloppet och därmed innebär dessa utsläpp ingen ökning av halten av växthusgaser, medan plaststören ger upphov till fossila utsläpp som däremot bidrar till en ökning av halten växthusgaser (Biorecro, 2010).

4.2 Salixodling på Gärsta Gård

Gärsta Gård har stor del av sina salixodlingar på arrenderad mark från Örebro kommun vilket innebär restriktioner angående ogräsbekämpning och gödsling¹⁷. Bland annat är mineralgödsel förbjudet vilket är bra eftersom gården då istället använder restprodukter som annars hade gått förlorade och det hjälper även till att sluta kretsloppet mellan stad och land. Och som denna studie visar har salixodling scenario B, gödlat med restprodukten ammoniumsulfat, lägre miljöpåverkan än salixodling scenario A, gödlat med mineralgödsel. Bekämpningsmedel är också förbjudet på denna mark vilket såklart har sina miljöfördelar men detta innebär även att det vid

16. (Jönsson, 2018)

17. (Jönsson, 2018)

avveckling krävs omfattande åtgärder med maskinen för att ta bort gamla rötter och växtrester inför den nya planteringen. Om gården istället kunde använda bekämpningsmedel skulle denna process underlättas avsevärt vilket leder till att det vore intressant att jämföra miljöpåverkan från dessa ingrepp med miljöpåverkan från bekämpningsmedlen, dock kan denna jämförelse tänkas vara svår eftersom de olika metoderna påverkar olika faktorer. Maskinerna ger upphov till markpackning och koldioxidutsläpp som påverkar klimatet långsiktigt, medan bekämpningsmedlen påverkar livet i marken och därmed den biologiska mångfalden.

Salixodlingar har även förmågan att bli en kolsänka (Hammar *et al.*, 2014) och i resultatet i denna studie visar det sig att salixodlingen kan ha ett nettoupptag på $0,078 \text{ kg snöstör}^{-1} \text{ år}^{-1}$, vilket är miljömässigt fördelaktigt med tanke på världens problem med växthusgasutsläpp samt klimatförändringar.

4.3 Osäkerheter

Vad gäller data och information angående salixstören är de erhållna direkt från produktionen på gården och är därmed tillförlitliga, dock begränsade för just Gärsta Gård, men det finns vissa osäkerheter i denna studie. Som nämnt tidigare är data angående plaststören ofullständigt vilket har lett till vissa antagande, bland annat har distributionen och insamlingen av snöstörarna antagits vara samma oberoende av material vilket till viss del är sant då metoderna är den samma men det kan fortfarande finnas skillnader drivmedelsförbrukning m.m. vilket inte gick att undersöka eftersom entreprenörerna inte hade information om detta. Trots att A-plast har som rutin att alltid skicka sina beställningar av plastgranulat med transporter som normal skulle gå tomma upp till Sverige, vilket är fördelaktigt för både miljö och ekonomin, har transporten mellan Sverige och Tyskland ändå inkluderats eftersom detta för det är en transport som krävs för produktionen av snöstör. När det gäller beräkning av miljöpåverkan från drivmedelsförbrukning har data från Statens Energimyndighet använts och trots försök har gjort har information angående omvandlingsfaktorer inte hittats. Samma problem gäller miljöpåverkan från förbränning och återvinning av plast, vilket gör att det finns en risk att resultatet skulle se annorlunda om samma omvandlingsfaktorer används genom hela studien.

Vid val av miljöpåverkanskategorier skulle i dagsläget vattenförbrukningen uteslutas då den förväntade vattenförbrukningen inte överstämde med den faktiska och att resultatet faktiskt visade att salixstörens vattenförbrukning var noll. En intressantare och mer aktuell kategori hade istället kunna vara exempelvis övergödning då det på salixodlingen sker gödsling med tre olika typer av gödsel.

4.4 Känslighetsanalys

Känslighetsanalys utfördes på val av förnyelse energi där miljöpåverkan från användning av biobränslen och vattenkraft jämfördes. Resultatet från analysen visade att endast marginella skillnader kunde urskiljas vilket tyder att resultaten inte var nämnvärt känsligt för detta antagande. Ytterligare en känslighetsanalys angående inkluderande av transport av plastgranulat mellan Tyskland och Sverige hade varit en intressant aspekt men på grund av tidsbrist valdes detta bort.

4.5 Validering

Att hitta liknande studier att validera emot var svårt eftersom denna studie är specifik för en viss typ av produkt i Sverige. Dock hittades två studier där växthusgasutsläpp från salixodling undersökts och resultaten från dessa tillsammans med resultatet från denna studie presenteras i Tabell 16.

Tabell 16. *Utsläpp av CO₂-ekv. vid salixodling från två olika studier samt från denna studie.*

Källa	kg CO ₂ -ekv. ha ⁻¹ år ⁻¹
(Gunnarsson <i>et al.</i> , 2014)	881
(Brandão <i>et al.</i> , 2011)	332
Salixodling scenario A	455
Salixodling scenario B	124

Valideringen visar att det finns ett betydande intervall när det gäller växthusgasutsläpp från salixodling, men eftersom salixodling scenario A är inom intervallet mellan de två studierna kan en tänka att resultatet vad gäller växthusgasutsläpp från salixodling i denna studie var troligt.

4.6 Avslutande diskussion och slutsats

Liksom att bestämma nationella riktlinjer angående miljön är det svårt att bestämma nationella riktlinjer angående snöstörar eftersom situationerna och förutsättningarna skiljer sig mycket. Salix har haft ett dåligt rykte på grund av dålig skötsel som lett till dåliga lönsamhet men eftersom det finns potential att ha flera samhälls- och miljönyttor utanför själva produktionen av produkter och energi, är det kul att se och träffa personer som tänker utanför ramarna och ser andra användningsområden. Personer som tar egna initiativ och hittar egna lösningar på problem tror jag kommer spela en betydelsefull roll i Sverige framtida miljöarbete.

Slutsatserna från denna studie presenteras i punktform nedan. Viktigt att framhålla är att resultatet från denna studie inte kan appliceras på snöstörar generellt utan

endast representerar snöstörar från två producenter, samt att flera aspekter som kan ha påverkan på resultatet uteslöts.

- Snöstör av salix har totalt lägst miljöpåverkan, när det gäller miljöpåverkanskategorierna: klimatpåverkan, primärenergianvändning samt vattenförbrukning.
- Produktion av plastgranulat har högst miljöpåverkan, när det gäller miljöpåverkanskategorierna: klimatpåverkan, primärenergianvändning samt vattenförbrukning.
- Salixodling scenario B har lägre klimatpåverkan än scenario A

Referenslista

- Biorecro (2010). *BECCS_Rapport_100922_Biorecro.pdf* [online]. Stockholm: Biorecro AB.
- Biototal. *Ammoniumsulfat*. [online] (2014) (Biototal). Available from: <http://www.biototal.se/lantbruk/ammoniumsulfat>. [Accessed 2018-04-23].
- Biototal (2017). Produktblad Slam. Biototal. [Accessed 2018-05-10].
- Brandão, M., Milà i Canals, L. & Clift, R. (2011). Soil organic carbon changes in the cultivation of energy crops: Implications for GHG balances and soil quality for use in LCA. *Biomass and Bioenergy*, 35(6), pp 2323–2336.
- Carlfors Bruk (2017). Produktblad CBright 3214 AP. Available from: <http://carlfors.com/media/1354/cbright-ap.pdf>. [Accessed 2018-04-24].
- Ecoinvent. *LCIA Polypropylene*. [online] (2017a). Available from: <https://db.ecoinvent.org/processdetail.php?area=2&pid=1834&display-mode=LCIA>. [Accessed 2018-05-05].
- Ecoinvent. *UPR Polypropylene*. [online] (2017b). Available from: <https://db.ecoinvent.org/processdetail.php?area=2&pid=1834&display-mode=UPR>. [Accessed 2018-05-05].
- Gode, J., Martinsson, F., Hagberg, L., Öman, A., Höglund, J. & Palm, D. (2011). *Uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el, värme och transporter*. Stockholm: Värmeforsk Service AB. (Miljöfaktaboken).
- Gunnarsson, C., Ahlgren, S. & Nordström, E.-M. (2014). *Energigrödor och hållbarhet*. Uppsala: JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik. (423).
- Hammar, T. (2017). *Climate Impacts of Woody Biomass Use for Heat and Power Production in Sweden*. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences. (2017:49).
- Hammar, T., Ericsson, N., Sundberg, C. & Hansson, P.-A. (2014). Climate Impact of Willow Grown for Bioenergy in Sweden. *BioEnergy Research*, 7(4), pp 1529–1540.
- Hillman, K., Damgaard, A., Eriksson, O., Jonsson, D. & Fluck, L. (2015). *Climate benefits of material recycling*. Köpenhamn: Nordisk Ministerråd. (2015:547).
- Hollsten, R., Arkelöv, O. & Ingelman, G. (2013). *Handbok för salixodlare* [online]. Jordbruksverket. (OVR250).

- Intergovernmental Panel on Climate Change (2011). *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. New York: Cambridge University Press.
- Jordbruksverket (2013). *Mer än bara energi miljö- och samhällsnyttor med energigrödor* [online]. Jordbruksverket. (OVR303).
- Jönssons Enkla Bolag. *Jönssons Enkla Bolag*. [online] (2017-06-26). Available from: <https://plogpinne.se/omoss/>. [Accessed 2018-05-17].
- Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F.-M., Collins, W., Fuglestvedt, J., Huang, J., Koch, D., Lamarque, J.-F., Lee, D., Mendoza, B., Nakajima, T., Robock, A., Stephens, G., Takemura, T. & Zhang, H. (2013). *Anthropogenic and Natural Radiative Forcing*. Cambridge: Cambridge University Press. (Climate Change 2013: The Physical Science Basis.).
- Naturvårdsverket (2015). *Miljö- och klimatarbete i näringslivet: en översikt med fokus på drivkrafter och klimat*. Stockholm: Naturvårdsverket. (6665).
- Network for Transport Measures. *NTMCalc 4.0*. [online] (2018) (Network for Transport Measures). Available from: https://www.transportmeasures.org/ntmcalc/v4/basic/index.html#/. [Accessed 2018-05-16].
- Nord, L. (2015). Käppen som är snöröjarens bästa vän. *Sveriges Radio*. Available from: <https://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=110&artikel=6329686>. [Accessed 2018-05-15].
- PlasticEurope. *A large family*. [online] (2018a). Available from: <https://www.plasticseurope.org/en/about-plastics/what-are-plastics/large-family>. [Accessed 2018-04-27].
- PlasticEurope. *How plastics are made*. [online] (2018b). Available from: <https://www.plasticseurope.org/en/about-plastics/what-are-plastics/how-plastics-are-made>. [Accessed 2018-04-27].
- PlasticEurope. *What are plastics*. [online] (2018c). Available from: <https://www.plasticseurope.org/en/about-plastics/what-are-plastics>. [Accessed 2018-04-27].
- Sigma Coatings (2005). Produktblad Sigmavar WS Gloss. Available from: <https://www.ppg-media.com/getmedia/ae2cc61f-cb2e-4abf-aedb-baaf07bb0d1c/SIGMAVAR-GLOSS.aspx>. [Accessed 2018-04-23].
- SLU. *Vad är livscykelanalys?* [online] (2018) (SLU.SE). Available from: <https://www.slu.se/institutioner/energi-teknik/forskning/lca/vadar/>. [Accessed 2018-05-31].
- Statens energimyndighet (2017a). *Drivmedel 2016*. Stockholm: Statens energimyndighet. (ER 2017:12).
- Statens energimyndighet (2017b). *Energiindikatorer 2017*. Eskilstuna. (ER 2017:9).
- Statens energimyndighet. *Växthusgasutsläpp*. [online] (2017c) (Energimyndigheten). Available from: <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/hallbarhetskriterier/drivmedelslagen/vaxthusgasutslapp/>. [Accessed 2018-05-14].
- Swarco (2008). Produktblad plus9beads. [Accessed 2018-05-11].
- Swedish Standards Institute (2006). SS-EN ISO 14040:2006. Swedish Standards Institute. [Accessed 2018-05-12].

- Trafikverket. *Snöstör*. [online] (2014a-02-12) (Trafikverket). Available from: <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/underhall-av-vag-och-jarn-vag/Sa-skoter-vi-vagar/fragor-och-svar-om-skotsel-av-vagar/Snostor/>. [Accessed 2018-04-18].
- Trafikverket (2014b). Standardbeskrivning basunderhåll väg. Available from: https://www.trafikverket.se/contentassets/dd3893424b90468e91c42359becb610d/standardbeskrivn_basunderhall_vag_140901.pdf. [Accessed 2018-05-18].
- Tsiamis, D. A. & Castaldi, M. J. (2016). Determining accurate heating values of non-recycled plastics. City University of New York. [Accessed 2018-05-18].
- Yara (2017). Säkerhetsdatablad Urea N 46. Yara. [Accessed 2018-05-11].
- ÅF Energi och Miljöfakta (2005). *Miljöfaktaboken*. Stockholm: ÅF Energi och Miljöfakta.

Tack

Först och främst vill jag tacka Sven Jönsson och hans familj på Gärsta Gård som gett mig möjlighet att skriva detta arbete, detta har varit mycket roligt och lärorik och att få se gården och erat engagemang är något jag kommer minnas länge. Tack även till Clas-Håkan Stridh på Svevia, Per Sandberg på NCC och Alexander Blad på A-plast AB för ni genom intervjuer bidrog med värdefull information. Stort tack till min handledare Torun Hammar som guidat mig och svarat på mina många frågor. Till sist vill jag även tacka mina vänner som först trodde jag var galen som frivilligt gjorde en LCA som kandidatarbete men som ändå var med och stöttade mig genom hela arbetet.

Bilaga 1

Tabell 17. Primärenergifaktor samt utsläpp av växthusgaser för olika bibränslen^a

	Primärenergifaktor	CO ₂ (g MJ ⁻¹)	CH (g MJ ⁻¹)	N ₂ O (g MJ ⁻¹)
Grot	1,03	1,9	0,0018	0,0007
Stubbar	1,04	2,6	0,002	0,00073
Gallringsvirke till flis	1,02	1,8	0,004	0,0007
Skogsflis	1,06	2,3	0,0048	0,00071
Bark	1,01	1,4	0,0019	0,00066
Spån	1,01	1,4	0,0019	0,00066
Pellets	1,11	3,4	0,012	0,005
Trädbriketter	1,18	3,9	0,011	0,0056
Salix	1,05	3,7	0,005	0,013
Avfall	0,04	38	0,0028	0,00037
Brännbart	0,05	25	0,004	0,00027
PTP	0,05	24	0,0039	0,00027
Verksamhetsavfall	0,06	27	0,0043	0,00027
RT-flis	0,05	0,69	0,00035	0,0005

a. (Gode *et al.*, 2011).

Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för energi och teknik
Box 7032
750 07 UPPSALA
www.slu.se/institutioner/energi-teknik

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Energy and Technology
P. O. Box 7032
SE-750 07 UPPSALA
SWEDEN
www.slu.se/en/departments/energy-technology/